



## Distribution spatio temporelle des équipements urbains de l'agglomération grenobloise

Isabelle I. André-Poyaud, Elise Beck, Sonia Chardonnel, Alexis Conesa,  
Fabien del Olmo, Thomas Leysens

### ► To cite this version:

Isabelle I. André-Poyaud, Elise Beck, Sonia Chardonnel, Alexis Conesa, Fabien del Olmo, et al..  
Distribution spatio temporelle des équipements urbains de l'agglomération grenobloise. SAGEO-  
Conférence Internationale de géomatique et d'Analyse Spatiale, Nov 2014, Grenoble, France. hal-  
01102105

**HAL Id: hal-01102105**

**<https://hal.science/hal-01102105>**

Submitted on 12 Jan 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

---

# Distribution spatio temporelle des équipements urbains de l'agglomération grenobloise

André-Poyaud I.<sup>1,2</sup>, Beck E.<sup>1,2</sup>, Chardonnel S.<sup>1,2</sup>, Conesa A.<sup>3</sup>, Del Olmo F., Leysens T.<sup>1,2</sup>

1. Univ. Grenoble Alpes, PACTE

F-38000 Grenoble, France

[prenom.nom@ujf-grenoble.fr](mailto:prenom.nom@ujf-grenoble.fr)

2. CNRS, PACTE,

F-38000 Grenoble, France

3. Univ. Strasbourg, LIVE

F-67000 Strasbourg, France

[alexis.conesa@live-cnrs.unistra.fr](mailto:alexis.conesa@live-cnrs.unistra.fr)

---

**RESUME.** Nous proposons une méthodologie développée pour collecter les horaires d'ouverture et de fermeture des équipements urbains des 26 communes de l'agglomération grenobloise. S'inscrivant dans le cadre du projet de recherche MIRO<sup>2</sup>, la construction de cette base de données constitue un préalable à l'élaboration d'un modèle de simulation de la mobilité quotidienne intra-urbaine des habitants. Ce modèle tient compte du programme d'activités des habitants et des équipements accessibles spatialement et temporellement). Afin de caractériser les équipements, diverses méthodes ont été déployées pour collecter les informations sur les services et commerces, les entreprises, les équipements publics. L'article présente la méthodologie de géocodage, d'échantillonnage, d'enquête, de généralisation et propose un outil de géovisualisation des densités mouvantes d'équipements.

**ABSTRACT.** We propose a methodology to collect the opening and closing hours of urban facilities of 26 towns of Grenoble urban area. As part of the MIRO<sup>2</sup> project, the construction of this database is a preliminary step to develop a model to simulate the intra-urban daily mobility of people. This model takes into account the program of activities of people and the spatial and temporal accessibility of equipment. Various methods have been developed to collect information on the facilities (services and shop, businesses and public facilities). The paper presents the methodology of geocoding, sampling, survey, generalization and provides a geovisualizing tool to explore moving equipment densities.

**MOTS-CLES :** base de données ; approche spatiotemporelle ; équipements urbains ; géovisualisation ; Grenoble.

**KEYWORDS:** database; spatiotemporal approach; urban facilities; geovisualizing; Grenoble.

## 1. Introduction

Face au défi majeur de la transition écologique et énergétique, les villes doivent aujourd'hui opérer des aménagements qui rendent accessibles équitablement les équipements urbains - lieux ressources pour la réalisation des activités - à tous les citoyens tout en limitant les impacts environnementaux des activités humaines. Ainsi, imaginer des dispositifs qui peuvent aider à maîtriser les émissions liées aux déplacements automobiles impose de considérer les effets de leurs mises en œuvre sur l'accessibilité spatiale des individus définie comme la possibilité de participer à des activités localisées en différents points du territoire (Geurs et van Wee, 2004). En ce sens, le projet de recherche MIRO<sup>2</sup> propose un modèle-agents appliqué aux deux agglomérations de Grenoble et de Dijon permettant de simuler les effets de dispositifs incitatifs à la limitation de l'automobile sur la mobilité quotidienne intra-urbaine<sup>1</sup> en tenant compte de la chaîne d'activités localisées des personnes. Pour ce faire, la chaîne de traitements mise en œuvre oblige à caractériser très finement les comportements quotidiens des personnes (leurs emplois du temps et leurs modes de déplacement) d'une part et la répartition spatiale et temporelle des ressources, ou aménités, nécessaires à la réalisation des activités programmées d'autre part. Cet article présente les travaux réalisés afin de constituer une base de données sur ces équipements urbains à l'échelle des 26 communes composant l'agglomération de Grenoble. Il s'agit de proposer une méthode reproductible qui s'appuie sur des bases de données existantes pour les compléter grâce à une enquête, puis les intégrer dans un système référencé spatialement et temporellement. Nous proposons enfin un outil de géovisualisation pour analyser et explorer les densités spatiotemporelles des équipements accessibles à l'échelle de l'agglomération.

## 2. Construction d'une base de données spatiotemporelles : choix et collecte

La modélisation de l'accessibilité individuelle en milieu urbain nécessite le recours à une base de données des « ressources urbaines » : nous limitons ici cette notion à l'ensemble des commerces, des services administratifs, des établissements dédiés à la santé, à l'enseignement, des équipements sportifs, culturels, de loisirs, des entreprises, pour lesquels on disposera de leur localisation et de leurs horaires d'ouverture et de fermeture.

### 2.1. Bases de données existantes

Il existe plusieurs bases de données décrivant les équipements d'une ville. Dans certains cas, elles décrivent finement les types d'équipements, telle que la base permanente des équipements (BPE) de l'INSEE (depuis 2007). Cette base remplace l'inventaire communal et présente l'avantage d'être réactualisée annuellement. Elle

---

<sup>1</sup> Deux scénarios sont testés : le premier, sur Dijon, concerne la mise en place d'une nouvelle ligne de transport en site propre (tramway) ; le second, sur l'agglomération de Grenoble, consiste à simuler l'application d'une zone d'action prioritaire sur l'air interdite à la circulation de certaines catégories de véhicules polluants.

recense, au niveau infra-communal de l'Iris, le nombre d'équipements et services mis à disposition de la population dans les domaines des services, marchands ou non, des commerces, de la santé et de l'action sociale, de l'enseignement, du tourisme, du sport, des loisirs, de la culture et des transports. Cependant, dans ce cas, les équipements ne sont pas tous géoréférencés. Dans d'autres cas, les bases de données décrivent la localisation des équipements mais limitent l'information sur leur usage, comme c'est le cas de la BD TOPO produite par l'IGN, ou certaines bases plus localisées dans certaines collectivités. En effet, la BD TOPO, qui recense les bâtiments de 20m<sup>2</sup> ou plus et les organise selon 3 classes (bâts remarquables, industriels et indifférenciés), ne distingue pas, par exemple, les bâtiments hospitaliers ou d'enseignement des immeubles collectifs ou des habitations, puisque tous sont définis comme des bâts indifférenciés.

Il apparaît donc difficile de trouver des informations sur le fonctionnement horaire des équipements. Néanmoins, celles-ci existent, mais de manière partielle et difficilement exploitable. Les données récoltées de manière collaborative représentent une piste de recherche : les services et lieux modélisés dans OpenStreetMap bénéficient d'un champ renseignant les horaires d'ouvertures (« Key : opening\_hours »<sup>2</sup>). Cependant, ces données se révèlent hétérogènes selon leur localisation, car elles dépendent de contributeurs, plus ou moins actifs, qui les remplissent. Dans notre cas, nous avons comparé les commerces enregistrés auprès de la CCI de Grenoble (base de sondage que nous utiliserons) et ceux répertoriés dans OpenStreetMap. La base CCI contient 6650 commerces contre 3700 dans OpenStreetMap. Parmi ces 3700 commerces, seulement 200 disposent d'horaires d'ouverture. De fait, nous écartons cette source de données. Il est également tentant de se tourner vers des solutions proposant des bases de données horaires en ligne, notamment alimentées de manière collective, tel le site « les-horaires.fr », d'autant qu'il existe de nombreux moyens techniques permettant de recueillir ces données de manière entièrement automatisée.

Mais l'intérêt technique et pratique se confronte à des questions légales. Dans le code de la propriété intellectuelle (CPI), les bases de données sont protégées par le droit d'auteur, si la base de données constitue une véritable création intellectuelle originale (L112-3) et/ou le droit *sui generis* du producteur. Selon l'article L342-1 du CPI, le producteur, entendu comme la personne qui a pris l'initiative et le risque des investissements de la base de données, a le droit d'interdire l'extraction par transfert permanent ou temporaire de la totalité ou d'une partie qualitativement ou quantitativement substantielle du contenu d'une base de données sur un autre support, par tout moyen et sous toute forme que ce soit. Or comme les conditions d'utilisation du site « les-horaires.fr » précisent clairement l'interdiction d'extraire et de reproduire les données horaires et autorisent uniquement leurs consultations<sup>3</sup>, nous n'avons pas récupéré les horaires par ce biais. Enfin, l'ouverture des données, si elle est en marche, prend du temps (on peut tout de même noter l'existence d'un portail Open Data qui contient de nombreuses données, comme certains réseaux de

<sup>2</sup> [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/FR:Key:opening\\_hours](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/FR:Key:opening_hours)

<sup>3</sup> <http://www.les-horaires.fr/horaires/conditions.html>

transports collectifs, cf. <http://www.data.gouv.fr/fr/>, ou l'existence de site tel que « nosdonnees.fr/ »).

La construction d'une base de données spatiotemporelles des ressources urbaines nécessite donc de mettre en place une collecte d'informations spécifique. Nous proposons ici une méthodologie d'enquête par téléphone pour laquelle nous discuterons de la stratégie d'échantillonnage et de généralisation à l'ensemble de l'espace considéré, c'est-à-dire les 26 communes de la communauté d'agglomération de Grenoble.

## ***2.2. Informations spatiales et temporelles collectées***

Construire une base de données spatiotemporelles des ressources urbaines requiert de choisir les lieux à caractériser en termes d'horaires d'ouverture et de fermeture et de localisation. Pour chacune d'entre elles, nous avons souhaité renseigner les informations attributaires, spatiales et temporelles suivantes : nom, secteur d'activité économique (code APE<sup>4</sup>), adresse, commune, téléphone, horaires d'ouverture et de fermetures pour chaque jour de la semaine. Concernant les caractéristiques temporelles de ces ressources, nous avons souhaité modéliser la mobilité individuelle au plus près de la réalité, en tenant compte des horaires « réels » et non des plages d'ouvertures ou des différences entre rythme nocturne et diurne, comme proposé dans d'autres études similaires (MOBISIM, 2012). La modélisation des horaires réels à l'échelle intra-urbaine a déjà été mobilisée (Belfort, Cauvin et al. 2005 ; Avignon, Genre-Granpierre 2007 ; Gand, Neutens et al. 2012 ; etc.), sur un volume de ressources moindre. Le cas de Portland est particulier (Kim et Kwan, 2003), puisque centré sur le fonctionnement des zones commerciales américaines. Citons aussi les travaux mobilisant la base de données exhaustive des horaires de fonctionnement des transports collectifs (L'Hostis et Baptiste 2006, Conesa 2012, Leysens, 2011). En effet, ces recherches ont aussi pour objectif de mobiliser de larges bases de données pour se rapprocher le plus possible des conditions réelles d'accessibilité à des ressources. L'effort de modélisation porte alors plus sur le service de transport que sur les activités proprement dites, cela étant dû en grande partie à l'échelle spatiale étudiée (plutôt interurbaine dans ces cas-là).

Dans notre étude grenobloise, les modalités de collecte ont été différentes en fonction du type de ressources.

---

<sup>4</sup>« Toute entreprise et chacun de ses établissements se voit attribuer par l'Insee, lors de son inscription au répertoire SIRENE, un code caractérisant son activité principale par référence à la nomenclature d'activités française (NAF rév. 2). Plus précisément, on distingue le code APEN pour l'entreprise et le code APET pour les établissements » (Source : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/code-ape.htm>)

### 2.3. Collecte des données

#### 2.3.1. Collecte des données sur les équipements publics

Les informations relatives aux équipements publics ont été collectées par internet et téléphone de manière exhaustive, étant donné leur nombre peu élevé (environ 900). La liste des équipements a été compilée à partir de la nomenclature utilisée dans le cadre de la BPE. La géolocalisation a été réalisée de manière automatique et une vérification manuelle a permis de localiser les lieux rejetés par le géocodage automatique.

#### 2.3.2. Collecte des données sur les services, commerces et entreprises

Pour réaliser l'enquête sur les horaires des commerces et des entreprises nous avons acheté auprès de la chambre de commerce et d'industrie de Grenoble le fichier des établissements privés inscrits au répertoire SIRENE des 26 communes de la zone d'étude. Ces établissements sont décrits par un nom de raison sociale et d'enseigne, un numéro SIRET<sup>5</sup>, une adresse géographique et téléphonique, une catégorie d'établissement (commerce, industrie, service), un type d'activité et un code APE (activité principale exercée) qui permet de classer les entreprises par secteur d'activité. Même si ce fichier évolue très rapidement avec un taux de changement de 3% par mois environ, il peut être considéré comme une base de sondage pertinente pour élaborer le plan d'échantillonnage de l'enquête. En effet, il offre une liste exhaustive des services, commerces et entreprises par catégorie APE, ainsi que leurs coordonnées, notamment téléphoniques, permettant de prendre contact facilement pour enquêter sur les horaires.

##### 2.3.2.1 Géolocalisation des commerces, services et entreprises

La première étape a consisté à géolocaliser tous les établissements à partir de leur adresse respective et de la BD Adresse de l'IGN. La base de données fournie par la Chambre de Commerce et d'Industrie de Grenoble contenait 14 451 établissements, répartis dans 26 communes. Des réajustements de la méthode ont été opérés afin d'en garantir un géocodage aussi satisfaisant que possible. Plusieurs versions de la BD Adresse ont ainsi été combinées dans le processus, sans toutefois combler toutes les lacunes de ce référentiel, en particulier dans les périphéries du territoire de l'agglomération. De plus, les adresses fournies par la CCI se sont parfois avérées erronées ou incomplètes (en particulier erreur ou absence de code postal). Après l'utilisation des fonctionnalités de Géocodage des SIG (MapInfo et ArcGIS), il a donc été choisi d'utiliser comme référentiel Google Maps, en vérifiant manuellement les codes postaux dans le cas où la procédure automatisée avait

---

<sup>5</sup> « Le numéro SIRET est un identifiant d'établissement. Cet identifiant numérique de 14 chiffres est articulé en deux parties : la première est le numéro SIREN de l'unité légale à laquelle appartient l'unité SIRET ; la seconde, habituellement appelée NIC (Numéro Interne de Classement), se compose d'un numéro d'ordre à quatre chiffres attribué à l'établissement et d'un chiffre de contrôle, qui permet de vérifier la validité de l'ensemble du numéro SIRET. » (Source : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/numero-siret.htm>)

géocodé un établissement dans une commune différente de celle annoncée. Cette méthode a permis de géocoder avec certitude 97 % des 14 451 établissements, toutefois il est à signaler que les résidus sont inégalement répartis dans l'espace : dans les communes les plus périphériques, ce taux d'appariement peut être inférieur à 80 %.

### 2.3.2.2 Enquête des horaires d'ouverture auprès d'un échantillon de commerces, services et entreprises

Concernant la collecte des données sur les horaires d'ouverture et de fermeture des ressources urbaines, seul un échantillon des commerces et entreprises a été enquêté, en raison de leur nombre élevé. Le choix de la méthode d'échantillonnage constitue un point clé dans la construction de la base de données spatiotemporelles, car elle conditionne la méthode de généralisation. Elle pose également l'hypothèse selon laquelle il existe un schéma d'horaires d'ouverture et de fermetures des équipements qui dépend de critères à déterminer, critères qui seront utilisés pour l'échantillonnage. Dans notre cas, nous avons opté pour des plans d'échantillonnages aléatoires stratifiés proportionnels. Cette méthode consiste à diviser la population étudiée en sous-populations et à sélectionner des échantillons indépendants à l'intérieur de chaque strate en utilisant un taux de sondage identique. Pour les services et commerces, la strate a reposé sur le croisement d'une variable de densité de commerces au km<sup>2</sup>, définies en cinq classes et d'un type d'activité qui reprend une partie des 21 sections de la nomenclature d'activités française NAF, dont les activités immobilières, les activités financières et d'assurance, l'hébergement et la restauration et décompose la section liée aux commerces. Les commerces de gros ont été séparés des commerces de détail, subdivisés eux-mêmes en plusieurs sous-catégories. Au final nous avons retenu pour l'agglomération grenobloise 25 catégories de commerces. Pour calculer la variable de densité, nous avons utilisé le découpage infra-communal en zone origines-destinations (OD) de l'enquête ménages déplacements de la grande région grenobloise, qui définit des zones homogènes en termes de pratiques de déplacements et de fonctionnalités. Grâce au géocodage, nous avons affecté une zone OD à chaque commerce pour ensuite calculer, pour chaque zone, sa densité de commerces. Au final, les commerces ont été caractérisés par leur localisation dans une zone de densité plus ou moins dense définie par les bornes suivantes (moins de 6 commerces au km<sup>2</sup>, de 6 à 74, de 75 à 173, de 174 à 641 et 642 et plus).

Pour les entreprises, les strates ont été structurées selon trois critères : 1) la densité d'entreprises au km<sup>2</sup>, discrétisée en 5 classes : moins de 15 entreprises au km<sup>2</sup>, de 15 à 50, de 50 à 149 et 150 et plus ; 2) la taille de l'entreprise recodée en 4 catégories : aucun salarié, entre 1 et 5, entre 6 et 20, 21 salariés et plus ; 3) la section NAF. Suivant les spécificités locales, 10 sections sur les 21 proposées ont été retenues auxquelles a été ajoutée une onzième regroupant des sections très faiblement présentes sur le territoire d'études.

L'enquête s'est déroulée par téléphone et a mobilisé 5 enquêteurs. Le questionnaire visait à récupérer pour chaque établissement sélectionné, soit pour les commerces et services les jours et horaires d'ouverture et de fermeture au public,

soit pour les entreprises les plages horaires maximales de travail des salariés, en prenant soin de vérifier au préalable les informations décrivant l'établissement, c'est-à-dire son nom et son adresse. Concernant la passation téléphonique, chaque numéro de téléphone tiré au sort était composé trois fois à horaires et jours variables avant d'être considéré comme injoignable et remplacé par un nouveau numéro de téléphone appartenant à la même catégorie de commerces, services ou entreprises. Ce même procédé de substitution a été appliqué en cas de refus de réponse. Au final, les horaires de 1022 commerces et services et de 636 entreprises ont été collectés, ce qui représente des taux de sondage respectifs de 15% et 9%.

### 2.3.2.3. Exploration de la temporalité des commerces

La base de données des commerces enquêtés permet d'explorer leur distribution temporelle selon les classes de densité et les types d'activité (code APE), tout au long de la semaine, dans l'agglomération de Grenoble.

Ainsi, outre les jours de week-end, le lundi apparaît comme spécifique par de nombreuses fermetures (moins de 80% des commerces ouverts, contre plus de 95% en semaine, 70% le samedi et 15% le dimanche) et peu de pauses méridiennes (l'un des 3 jours à moins de 50%, avec 35% le samedi et 17% le dimanche). La durée moyenne d'ouverture quotidienne est aussi légèrement plus faible le samedi et le dimanche, passant sous la barre des 9 heures, contrairement aux jours de semaine. De plus, si un profil général d'ouverture quotidienne semble se dégager (à partir de 8h30, plus de la moitié des commerces sont ouverts, et ce jusqu'à 18h30), le dimanche se caractérise par une plage beaucoup plus resserrée le matin (plus de 80% des commerces ouverts à 11h30, et jamais plus de 60% après 12h30).

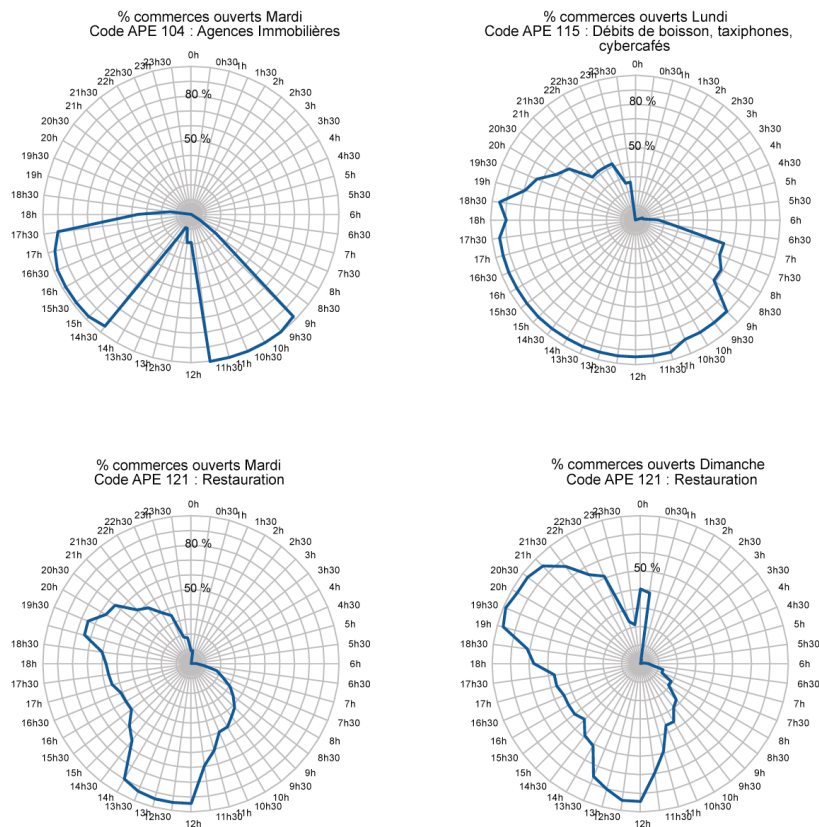
Concernant les types de commerces, l'indicateur le plus discriminant est la présence ou non d'une fermeture méridienne, qui module la durée d'ouverture quotidienne. Ainsi, les services aux particuliers<sup>6</sup> de type « agences immobilières » et « banques, assurances » sont ceux dont la durée d'ouverture moyenne est la plus faible (moins de 8 heures par jour) et pour lesquels les pauses méridiennes sont les plus systématiques. A l'inverse, les « débits de boisson, taxiphones, cybercafés » et les « supermarchés » ont des plages d'ouverture continues et plus longues (respectivement 13 heures par jour, avec un pic à plus de 14 heures le lundi, et 12 heures). Comme on pouvait s'y attendre, les établissements de restauration ont des horaires spécifiques.

La figure 1 illustre ces situations typiques par des graphiques en radar, qui permettent de visualiser le positionnement temporel des plages d'ouverture des commerces. Bien que l'analyse visuelle de ces graphiques ne permette pas d'établir autant de profils qu'il y a de types d'activités, les résultats laissent penser que le code APE est susceptible d'être utilisé pour la génération d'horaires.

---

<sup>6</sup> Selon la composition des gammes d'équipements, Insee 2013





*Figure 1. Graphiques radars indiquant le pourcentage de commerces ouverts au long d'une journée de 24heures pour différentes catégories de commerces et différents jours de la semaine. Haut à gauche : agences immobilières ouvertes le mardi ; haut à droite : débits de boissons, taxiphones et cybercafés ouverts le lundi ; bas à gauche : restaurants ouverts le mardi ; bas à droite : restaurants ouverts le dimanche.*

#### 2.3.2.4. Généralisation des horaires des commerces, services et entreprises

Souhaitant obtenir une représentation des horaires (d'ouverture et de fermeture) de l'ensemble des ressources urbaines, nous avons procédé à la généralisation des horaires à partir de ceux collectés par le biais de l'enquête.

Plus précisément, il s'agit d'affecter des horaires d'entités enquêtées à des entités non enquêtées en respectant les impératifs suivants :

- l'affectation doit se faire en respectant le type des entités et la zone de densité. Cette classification a été établie par défaut, les analyses des données n'ayant pas permis de déterminer des regroupements plus précis et/ou plus significatifs;
- la procédure d'affectation contient une variable aléatoire afin d'obtenir une généralisation rapide. Une généralisation au cas par cas ne pouvait s'envisager sans un temps considérable à consacrer à l'analyse, mais surtout, cette affectation par variable aléatoire permet de donner un caractère plus « générique » aux données. Celles-ci doivent refléter la réalité mais ne pas en être une fidèle reproduction afin de permettre des généralisations, des transpositions mais aussi l'intégration dans un modèle<sup>7</sup>.

Deux bases de données ont été constituées suite au travail d'enquête : une base contenant les entités enquêtées et une base contenant toutes les entités.

Elles comportent les mêmes champs à l'exception des horaires : code APE, zone de densité, numéro SIRET<sup>8</sup>, adresse, propriétaire, etc. (nous ne les citerons pas ici de manière exhaustive.)

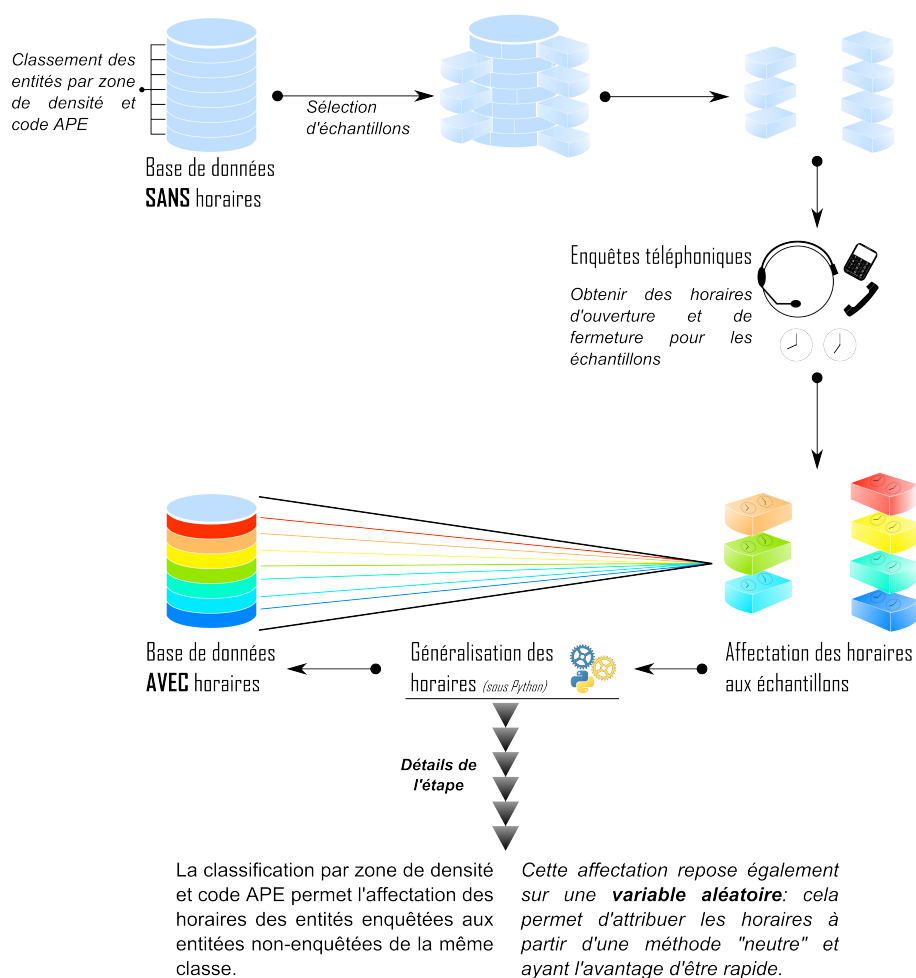
Les informations utiles pour la généralisation sont les suivantes : code APE, zone de densité, numéro SIRET et, bien entendu, les horaires. La schéma ci-après illustre et explicite la méthode employée (Figure 2).

---

<sup>7</sup> Il est question ici de l'intégration des données dans le modèle multi-agents développé dans le cadre du projet MIRO<sup>2</sup>

<sup>8</sup> « Le numéro SIRET est un identifiant d'établissement. Cet identifiant numérique de 14 chiffres est articulé en deux parties : la première est le numéro SIREN de l'unité légale à laquelle appartient l'unité SIRET ; la seconde, habituellement appelée NIC (Numéro Interne de Classement), se compose d'un numéro d'ordre à quatre chiffres attribué à l'établissement et d'un chiffre de contrôle, qui permet de vérifier la validité de l'ensemble du numéro SIRET. » (Source : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/numero-siret.htm>)

## Généralisation des horaires: méthode



T. Leysens, octobre 2014

Figure 2. Méthode utilisée pour la généralisation des horaires

### 3. Géovisualisation des densités mouvantes d'équipements

Plusieurs propositions de visualisations ont déjà été faites par le passé par plusieurs auteurs pour montrer les évolutions des ouvertures de services/équipements avec des apports intéressants autour du concept de chronotopies (Bonfiglioli, 1991). Dans notre cas, nous avons choisi de rendre

compte de cette dynamique des horaires grâce à la notion de « densité » d'équipements ouverts (versus fermés) qui évolue au cours du temps. Aussi, certains auteurs ont déjà proposé des illustrations de « densités mouvantes » de population (Banos et Thévenin, 2005 ; Mille, 2000), notion que nous étendons ici aux équipements.

Afin de pouvoir généraliser l'exploration et l'analyse des fonctionnements temporels des différents équipements, nous proposons de visualiser l'évolution sur une journée des densités d'équipements dans l'agglomération grenobloise. Pour cela, une *heatmap* dynamique a été développée (Figure 3). Dans ce type de représentation cartographique, on cherche à représenter l'intensité d'un phénomène local relativement à la valeur maximale du phénomène d'un point de vue global. Les valeurs maximales sont représentées par des couleurs chaudes, les valeurs minimales par des couleurs froides (Wilkinson et Friendly, 2008). Dans notre cas, la variable représentée correspond à la densité par pixel d'équipements ouverts à un moment donné. Les valeurs maximales et minimales dépendent de l'échelle choisie et des caractéristiques de la variable visualisée. La gamme de valeurs représentées est donc variable. L'application de géovisualisation propose une visualisation de l'évolution sur une journée de l'ouverture des équipements. Elle est visible en ligne au [lien suivant](#).

Comme d'autres outils de géovisualisation de phénomènes spatiotemporels (Davoine et al., 2010, 2012 ; Petit et al., 2012 ; Kraak, 2003), l'application est constituée de plusieurs fenêtres (Figure 3) : une fenêtre cartographique, une fenêtre graphique et une fenêtre de paramètres.

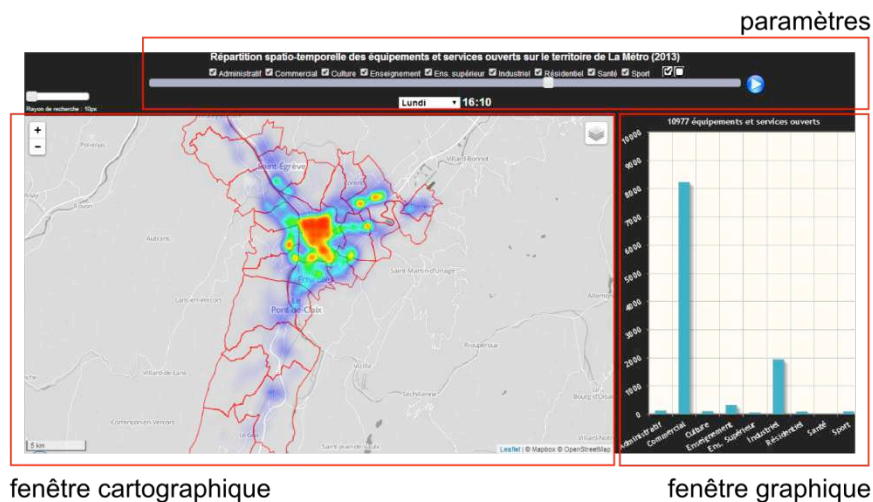


Figure 3. Application de géovisualisation des densités mouvantes d'équipements de l'agglomération grenobloise.

La fenêtre cartographique correspond au cœur de l'application de géovisualisation, autrement dit la *heatmap*. Elle a été réalisée grâce à la librairie JavaScript Leaflet, s'appuie sur un fond de carte Openstreetmap et possède des outils de navigation classiques : déplacement, zooms avant et arrière. La carte dispose également d'une échelle graphique.

La fenêtre graphique indique le nombre d'équipements ouverts par catégorie d'équipement à un moment donné. Les fenêtres graphiques et cartographiques sont synchrones.

La fenêtre de paramètres permet à l'utilisateur de :

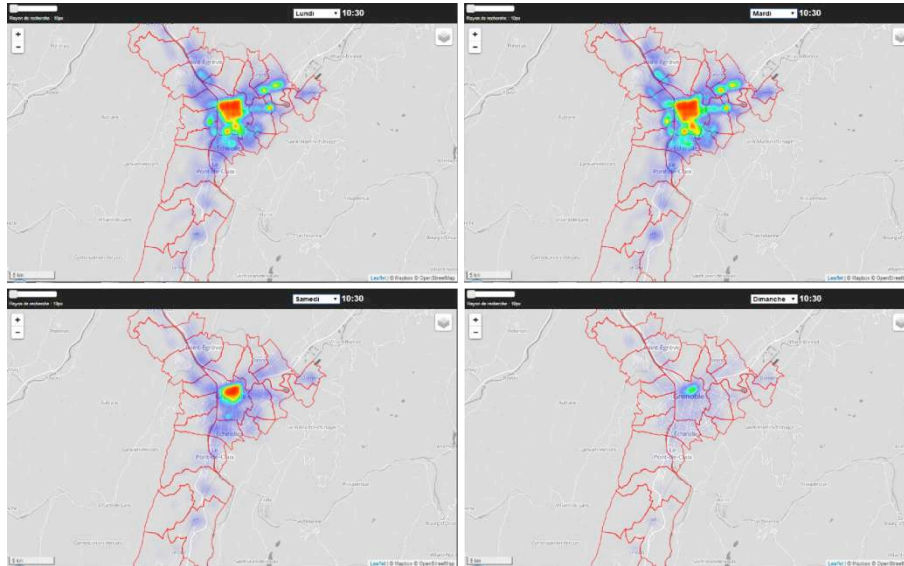
- choisir la/les catégorie(s) d'équipements à cartographier : administrations, commerces, équipements culturels, enseignement, enseignement supérieur, industries, résidence, équipements de santé et sportifs ;
- choisir le rayon de recherche pour le calcul de la densité d'équipements. Ce paramètre est exprimé en pixels ; ainsi, lorsque l'on modifie le zoom, la distance géographique de recherche d'équipements change également. Augmenter ce rayon permet de mettre en exergue les données dans le cas où celles-ci sont peu nombreuses et dispersées. A l'inverse, le diminuer permet d'affiner la visualisation en la rendant plus précise.
- choisir le jour de la semaine pour lequel les équipements ouverts vont être représentés ;
- démarrer ou arrêter une visualisation dynamique. La visualisation dynamique se déroule sur une plage de 24 heures. La résolution temporelle est de 5 minutes ;
- visualiser une carte de densité d'équipements à un moment donné grâce à une barre de défilement chronologique.

L'application de géovisualisation développée possède plusieurs avantages. Elle permet d'explorer la base de données spatiotemporelles et de représenter le rythme de la ville au cours d'une journée et pour les différents jours de la semaine. Ouverte simultanément dans deux onglets ou fenêtres d'un navigateur, elle permet de faire des comparaisons entre deux jours différents de la semaine (requête temporelle), comme par exemple les commerces ouverts le lundi à 10h30 et le mardi, samedi et dimanche à la même heure (Figure 4). Les différences attendues entre le lundi et le mardi sont moindres, plus importantes avec le samedi et très marquées avec le dimanche. La concentration des activités commerciales dans la ville de Grenoble est très bien visible, de même que les zones commerciales périphériques.

En sélectionnant l'une ou l'autre des catégories d'équipements, il est également possible de comparer leurs rythmes journalier et hebdomadaire, ce qui revient à faire une requête attributaire.

Du point de vue de la lisibilité du produit cartographique, étant donné la distribution spatiale contrastée des équipements, qui sont très concentrés dans la ville de Grenoble et peu nombreux dans certaines communes plus éloignées, la carte de densité des équipements est lisible à l'échelle de l'agglomération, alors qu'une

carte de localisation des équipements ouverts à un moment donné serait illisible à cette échelle.



*Figure 4. Heatmaps de densité de commerces ouverts un lundi, un mardi, un samedi et un dimanche à 10h30.*

Enfin, une cartographie dynamique permet d'explorer le rythme de la ville et remplace une collection de cartes (Arnaud, 2009). Le fait de pouvoir stopper le défilement dynamique permet, selon les souhaits de l'utilisateur, de s'arrêter sur un moment/une catégorie/un jour donnés et d'analyser les différentes distributions spatiales des équipements.

#### 4. Conclusion et perspectives

Nous avons exposé et discuté la méthodologie déployée pour construire une base de données spatiotemporelles des ressources urbaines proche de la réalité par le moyen d'une enquête.

Nonobstant les résultats, l'exploitation d'une base de données horaire fait apparaître un potentiel d'analyse et de visualisation, y compris dans une démarche orientée vers l'aide à la décision. Pourtant la constitution de telles bases de données reste rare dans les travaux ayant trait à l'accessibilité intra-urbaine, notamment en raison du coût financier et temporel nécessaire pour mener de telles enquêtes. C'est aussi pour cette raison que nous sommes passés par une étape de généralisation

automatique. Elle permet de réduire les coûts en termes de temps et de moyens humains et donc d'envisager la transposition de la méthode à d'autres territoires.

De plus, compte tenu du caractère changeant des données recueillies (évolution des horaires, turnover des commerces, etc.), la durée de validité de ces enquêtes peut être soumise à caution. La constitution d'une base de données horaire exploitable à l'échelle d'une agglomération se heurte donc à plusieurs limites. Sans spéculer sur une éventuelle libération juridique des horaires (voir section 2.1), il semble intéressant de perfectionner les méthodes de collecte automatique de ces données. En effet, outre la finalité d'acquisition que pourraient constituer à moyen terme ces outils, ils permettent aussi d'élaborer un protocole méthodologique reproductible.

Les programmes en question reproduisent de manière automatique et beaucoup plus rapidement les requêtes que pourrait formuler un utilisateur *lambda* sur un site web. Utilisés essentiellement pour l'instant pour obtenir des horaires de transport collectif (voir par exemple *Automate* dans Bozzani-Franc 2006 ; *Shaddock* dans Conesa 2010), ces aspirateurs (également appelés *scraper* ou *parser*) ont l'intérêt d'être faciles à coder (PHP, Python, Java, etc.) et donc faciles à coupler avec des programmes tiers. Cette question demanderait un examen approfondi afin de déterminer l'usage possible des données car ces programmes représentent un potentiel non-négligeable pour la recherche.

## Remerciements

*Cette étude a été réalisée grâce au support financier de l'Agence Nationale pour la Recherche (ANR MIRO<sup>2</sup>) et grâce à la participation de Virginie Charrier, Nassima Kouachi Hessas, Marianne Petit, Gaspard Landel, Valentin Lanthéaume, Jean-Guy Audéoud et Cyrielle Leroy pour la collecte des données.*

## Bibliographie

- Arnaud A. (2009). *Valorisation de l'information dédiée aux événements de territoires à risque. Une application cartographique et géovisualisation de la couronne grenobloise*. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble I., 537 p.
- Banos A., Thevenin T. (2005). Révéler les rythmes urbains quotidiens par la carte animée. *Revue Internationale de Géomatique*, vol. 15, n°1, p. 11-31.
- Bonfiglioli S. (1991). Politique sur les temps urbains : le panorama des villes italiennes. In OBADIA Alain (Dir), *Entreprendre la ville. Nouvelles temporalités, nouveaux services* (pp. 144-159). Cerisy-la-Salle : Éditions de l'Aube. p. 144-159.
- Bozzani-Franc S. (2006). *Grandes Vitesses, Métropolisation et Organisation des territoires : L'apport de l'intermodalité aéro-ferroviaire à grande vitesse au rayonnement métropolitain*. Thèse de doctorat en Géographie, Université de Lille 1, 609 p.
- Cauvin C., Antoni J.-P., Enaux C., Klein O. (2005). Offre de services urbains au public : échanges entre partenaires publics et privés et cartographie associée. *Présentation des résultats de l'étude menée par le laboratoire Image et Ville pour la DATAR intitulée*

*Echanges entre partenaires publics et privés et cartographie interactive sur l'offre de services urbains*, Paris, DATAR, 14 octobre 2005.

- Conesa A. (2010). *Modélisation des systèmes de transports collectifs métropolitains pour une structuration des territoires par les réseaux. Applications aux régions Nord-Pas-de-Calais et Provence-Alpes-Côte d'Azur*. Thèse de doctorat en Géographie et Aménagement du Territoire, Université des sciences et des technologies de Lille, 494 p.
- Conesa A. (2012). Accessibilités et discontinuités spatiotemporelles en Nord-Pas-de-Calais. Une région carrefour au territoire fragmenté ? *Territoires en Mouvement*, n°16, Région, régionalisation, régionalisme, p. 18-36.
- Davoine P.-A., Beck E., André-Poyaud I., Chardonnel S., Lutoff C., Telechev A. (2012). Géovisualisation pour la réduction de la vulnérabilité socio-spatiale en milieu urbain : le cas de Grenoble. *Bulletin du Comité Français de Cartographie*, vol. 211, p. 68-84.
- Davoine P-A, Telechev A., Moisuc B., Gensel J. (2010). GenGHIS: un environnement informatique pour la génération d'applications de géovisualisation de l'information historique. *Les rencontres de SIG La Lettre*, 4-6 Mai 2010, ENSG, Marne La Vallée.
- Genre-Grandpierre C. (2007). L'accessibilité aux commerces dans l'aire de vie avignonnaise. Inégalités et perspectives de réduction. *Espace populations sociétés*, n° 2-3.
- Geurs K., Van Wee B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: Review and research directions. *Journal of Transport Geography*, vol. 2, p. 127-140.
- Kim H. M., Kwan M. P. (2003). Space-time accessibility measures: A geocomputational algorithm with focus on opportunity set and possible activity duration. *Journal of Geographical Systems*, vol. 5, p. 71-91.
- Kraak, M.-J. (2003). Geovisualization illustrated. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, vol. 57, n°5-6, p. 390-399.
- Leysens T. (2011). *Reconfiguration des réseaux de transport et renouveau urbain : l'enjeu d'un urbanisme orienté vers le rail*. Thèse de doctorat en Géographie et Aménagement du Territoire, Université des sciences et des technologies de Lille, 408 p.
- L'Hostis A., Baptiste H. (2006). A Transport network for a City network: Analysing the quality of the public transport service in the Nord-Pas-de-Calais region. *European Journal of Spatial Development*, vol. 20, p. 1-18
- Mille M. (2000). Des densités habitantes aux densités mouvantes. L'exemple de la métropole lilloise. *Cybergéo*, vol. 121, n° 12.
- MOBISIM (2012) Aménités urbaines et périurbaines. Qualifier l'attraction des lieux. Délivrable du projet. [www.mobisim.org](http://www.mobisim.org)
- Neutens T., Delafontaine M., Scott D. M., De Maeyer P. (2012) « An analysis of day-to-day variations in individual space-time accessibility ». *Journal of Transport Geography*, vol. 23, n° 0 (juillet 2012), p.: 81-91. doi:10.1016/j.jtrangeo.2012.04.001.
- Petit C., Widjaja I., Russo P., Sinnott R., Stimson R., Tomko M. (2012) Visualisation support for exploring urban space and place., *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vvolume I-2, 2012, XXII ISPRS Congress, 25 August – 01 September 2012, Melbourne, Australia
- Wilkinson L., Friendly M. (2008) The History of the Cluster Heat Map. *The American Statistician*, 11 p.